

## KUVVET ANTRENMANLARINA BAĞLI AKUT LAKTAT ÜRETİMİ

Hayriye ÇAKIR ATABEK<sup>1</sup>

Geliş Tarihi: 01.09.2008

Kabul Tarihi: 04.02.2009

### ÖZET

Kuvvet/güç adaptasyonu için akut mekanik ve hormonal uyarıların önemi çok iyi tanımlanmıştır. Bununla birlikte, kuvvet antrenmanlarına adaptasyonun oluşabilmesi için akut metabolik uyarıların da önemli olabileceği vurgulanmaktadır. Geleneksel yaklaşım içinde dayanıklılık egzersizleri sırasında görülen metabolik yanıtların bu egzersiz türünde bazı adaptasyonlara neden olurken, kuvvet ve güç çıktılarında anlamlı değişikliklere neden olmadığına inanılır. Ancak kasın büyümesini amaçlayan kuvvet antrenmanlarının kan laktat seviyesini göreceli olarak daha fazla artırdığı gözlenmiştir. Buna karşın, pratikte kullanılan kuvvet/güç antrenmanlarının organizma üzerine bindirdiği metabolik stres hakkında çok az şey bilinmektedir. Kuvvet antrenmanları sırasında laktatın antrenmanlara yanıtı veya laktatın kanda birikimi nadiren vurgulanmakta, bu kapsamda, laktat üretiminin kuvvet antrenmanlarından nasıl etkilendiğinin incelenmesi ve konu ile ilgili literatürün derlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda; kuvvet antrenmanlarında adaptasyon mekanizmaları ve özellikle metabolik uyarıların ile ilgili olanlar vurgulanmıştır. Pratikte kullanılan üç genel kuvvet antrenman türünün akut laktat üretimine etkisi incelenmiştir. Bunlar: 1- Hipertrofi antrenmanı (kontrollü hareketler, şiddeti düşük-orta, dinlenme süreleri kısa ve antrenman kapsamı yüksektir), 2- Nöronal antrenmanı (hareketin hızlı yapılması amaçlanır, şiddeti yüksek, dinlenme süreleri uzun ve antrenman kapsamı düşüktür), 3- Dinamik/güç antrenmanıdır (patlayıcı ve/veya balistik hareketler yapılır, şiddeti düşük, dinlenme süreleri çok kısa veya çok uzun değil ve antrenman kapsamı daha düşüktür). Akut laktat üretimini etkileyen yaş, cinsiyet ve antrenman durumu faktörleri de incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kuvvet Antrenmanı, Yaş, Cinsiyet, Antrenman Durumu, Laktat Üretimi

## ACUTE LACTATE PRODUCTION DURING RESISTANCE TRAINING

### ABSTRACT

The importance of acute mechanic and hormonal stimulus for strength and power adaptation has been well defined. Recently, it has been emphasized that acute metabolic stimulus may also be very important for strength adaptation. Traditionally, it is believed that the metabolic responses that occurred during endurance exercises are the causes of adaptation to this kind of exercises, but the metabolic responses that occurred during resistance exercises are not effective for adaptation to this kind of exercises. On the other hand, it has been demonstrated that the strength training that aimed muscle growth, increased relatively the blood lactate levels more. Besides this, little is known about the metabolic stress imposed on system by different strength / power training types used in practice. Acute lactate responses to resistance training or lactate accumulation in blood during resistance training are rarely emphasized. In this context, we aimed to investigate how the resistance training effects the lactate production and also to compile the literature about this topic. According to the aim, adaptation mechanism of strength training and especially those related with metabolic stimulus have been demonstrated. The effects of three general types of strength training used in practice on the acute lactate production has also been examined: 1- Hypertrophy training; controlled movements, moderate loads, short rest periods and high total work, 2- Neuronal training; explosive intent, heavy loads, long rest periods and lower total work, 3- Dynamic power training; explosive and/or ballistic movements, light loads, moderate rest periods, lower total work. The influence of age, sex and training status upon the acute lactate response to resistance exercise has also been investigated.

**Key Words:** Resistance Training, Age, Sex, Training Status, Lactate Production

### GİRİŞ

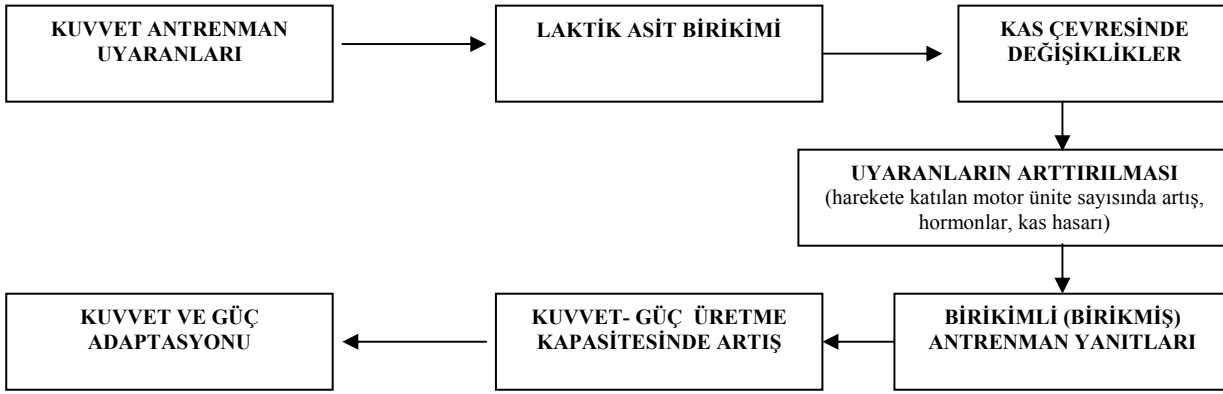
Kuvvet/güç adaptasyonu için akut mekanik (yük-şiddet etkileri, kasın kasılma tipi vb) (1) ve hormonal (testosteron, büyüme hormonu-GH, insülin, kortizol vb) uyarıların önemi, çok iyi tanımlanmıştır (2,3). Bununla birlikte, kuvvet (direnç) antrenmanlarına adaptasyonun oluşabilmesi için akut metabolik uyarıların da (örn; laktik asit) önemli olabileceği vurgulanmaktadır (4,5). Bu ürünlerin kas içinde veya kas dışında birikmesi, farklı anabolik hormonların (GH) sekresyonunu (salgılanmasını) (6,7) veya verili bir yük için aktive olan motor ünite sayısını arttırdığı belirtilmiştir (6,8). Bu akut yanıtların (daha fazla hormon sekresyonu, daha fazla sayıda motor ünitenin aktive olması), kas kuvvet üretme

<sup>1</sup> Anadolu Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu

kapasitesini değiştiren adaptasyon olaylarını başlattığı düşünülür (9). Geleneksel yaklaşım içinde dayanıklılık egzersizleri sırasında görülen büyük metabolik yanıtların bu egzersiz türünde bazı adaptasyonlara neden olurken, kuvvet/güç çıktılarında anlamlı değişikliklere neden olmadığına inanılır. Ancak kasın büyümesini amaçlayan kuvvet antrenman programlarının, kan laktat seviyesini göreceli (%) olarak daha fazla arttırdığı gözlenmiştir (10,11). Bununla birlikte pratikte kullanılan kuvvet/güç antrenman programlarının (nöronal ve dinamik güç) organizma üzerine bindirdiği metabolik stres hakkında çok az şey bilinmektedir (9).

### 1. Adaptasyon Mekanizmaları

Yüksek kuvvet/güç üretimi ve gerilim süresi, maksimal kuvveti geliştirmek için önemli mekanik faktörlerdir (1). Kasın morfolojik yapısındaki değişiklikler ise anabolik (testosteron, GH, insülin) ve katabolik (kortisol) hormonların etkileşimine bağlıdır (2,3). Bununla birlikte, kuvvet/güç gelişimi için metabolik uyarıların daha az önemli olduğu düşünülebilir. Kuvvet antrenmanlarına yanıt olarak artan laktik asit miktarı, kas içinde bazı değişimlere neden olmaktadır. Kas pH'sı azalır, kas asiditesi artar ve hidrojen iyon miktarı artar. Meydana gelen bu değişimler farklı antrenman mekanizmalarını uyarıyor olabilir (motor ünite aktivitesi, hormonlar, kas hasarı). Böylece kuvvet antrenman uyarılarını ve toparlanma sırasında uzun süreli adaptasyonun oluşabilmesi için sinyal iletim yolunu artırıyor olabilir (Şekil 1) (9).



**Şekil 1. Uzun Süreli Adaptasyonda Dikkati Çeken Olayların Şematik Gösterimi (9)**

Metabolik uyarıların katkı sağladığı adaptasyon mekanizmaları, metabolik çevrenin yapay olarak değiştirildiği araştırmalarda odaklanmıştır. Örneğin oklüzyon [doğal bir boşluğun (damar, barsak, diş vb) kapanması ya da tıkanması] işlemi kasa uygulandığında, istemli kas kasılması sırasında daha büyük laktik asit birikiminin meydana geldiği ve buna bağlı olarak daha fazla sayıda motor ünitenin devreye girdiği belirtilmiştir (6,8). Oklüzyon uygulandığında bir tekrarlı maksimal (1RM) %40 şiddeti ile yapılan bir egzersiz sırasında elde edilen EMG (kas aktivitesinin indeksi) sinyallerinin, oklüzyon uygulanmadan ve 1RM'nin %80 şiddeti ile yapılan egzersiz sırasındaki EMG sinyallerine hemen hemen eşit olduğu saptanmıştır (8). Bir başka çalışmada oklüzyon uygulandığında 1RM'nin %20 şiddeti ile yapılan hareket sırasındaki EMG sinyallerinin, oklüzyon uygulanmadan ve 1RM'nin %20 şiddeti ile yapılan hareket sırasındaki EMG sinyallerinden fazla olduğu saptanmıştır (6). Bu bulgular, verili bir şiddette laktik asit konsantrasyonu arttığında, harekete katılan motor ünite sayısının da arttığını göstermektedir (6,8). Ayrıca laktik asit birikiminin arttığı durumda plazma GH seviyesinin de arttığını gösteren çalışmalar vardır (6,7). Bu durum kan laktat ve hidrojen iyon seviyesindeki artışın, GH'un hipofizer salınımını arttırdığını düşündürmektedir (10,11). Bu tür çalışmalar bize bir fikir verse de, oklüzyon uygulamasının, kuvvet antrenmanı sırasında meydana gelen metabolik koşulları tam olarak yansıtmadığı göz önüne alınmalıdır.

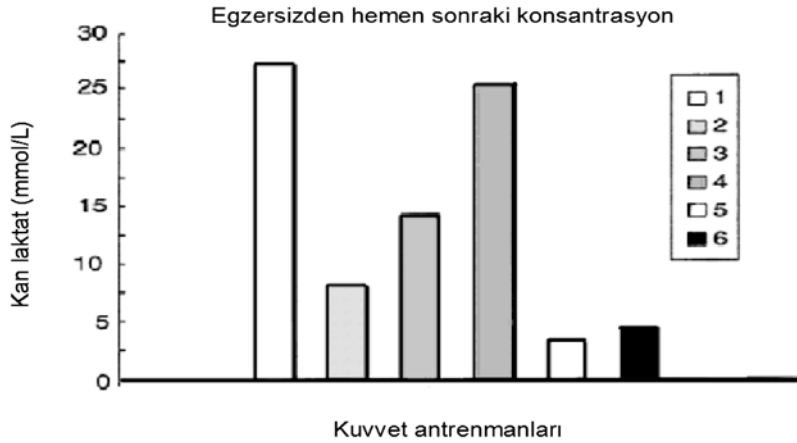
Metabolik yan ürünlerde meydana gelen artışın (laktat), kas doku hasarında önemli rol oynadığı düşünülür (12). Daha büyük laktat birikimine neden olan antrenman programlarının daha büyük kas hasarına neden olduğu yönünde bulgular mevcuttur (13). Kas hasarı ise adaptasyonun oluşmasında önemlidir, çünkü kasın toparlanmasında ve yenilenmesinde protein sentezi önemli ölçüde artmaktadır. Kas morfolojisinin değişiminde metabolik uyarıların önemli rol oynadığı ve daha fazla kas hasarı sonucunda daha fazla protein sentezi ve güç artışının olacağı söylenebilir.

Yorgunluk, kuvvet adaptasyonu için önemli bir bileşendir ve birçok yerde metabolik uyarılar üzerinde durulur (daha fazla laktat birikimi = daha fazla yorgunluk). Daha fazla sayıda motor ünitenin (özellikle yüksek eşik şiddetine sahip motor ünitelerin) işe katılımını sağlamak, yorgunluğa rağmen performansı korumaya çalıştığımızda gerçekleşir (14). Motor ünitelerin bu prensibe göre antrene edilmesi, yorgunluğa kadar hareketin yapılması yorgunluğa kadar yapılmamasından daha çok sayıda fibrilin uyarılmasına neden olacaktır. Vücut geliştirme sporu yapan bireyler bu tarzda çalışmalarına rağmen, pratikteki bu uygulamayı destekleyecek çok az bilimsel veri mevcuttur. Gerçekte, optimal adaptasyonun oluşması için yorulana (tükenene) kadar antrenman yapmanın gerekli olmadığını söyleyen çalışmalar da

vardır (15,16). Bununla birlikte yorgunluğu açıklamak için laktat birikimin yeterli olmadığı, başka faktörlerin de etkili olduğu vurgulanmaktadır.

## 2. Kuvvet Antrenmanlarının Akut Laktat Üretimine Etkisi

Hipertrofi yolu ile kuvvette artış hedefleyen antrenman programlarının genelde kan laktat konsantrasyonunda önemli artışlara (%) neden olduğu, buna karşın nöral adaptasyon yolu ile kuvvette artış hedefleyen antrenman programlarının daha düşük kan laktat cevaplarına neden olduğu gözlenmiştir. Dairesel kuvvet antrenmanlarında genelde kısa süreli dinlenmeler ( $\leq 30$  sn) ve çok yüksek olmayan şiddet (1RM'nin %40-60) kullanılır. Bu tür antrenman uygulamasında kuvvet kazanımı, antrenmanın tek hedefi değildir. Antrenmana tolerans daha önemli olabilmektedir, çünkü laktat konsantrasyonu çok yüksek olabilmektedir (10-15 mmol/L) (17). Ancak kısa süreli ve 10RM yükündeki antrenmanların, kan laktat seviyesini daha fazla artırdığı gözlenmiştir (Şekil 2) (18).



Şekil 2. Egzersiz Sonrasında Farklı Antrenman Programlarına Verilen Kan Laktat Yanıtları\* (18)

\* (1) Vücut geliştirme tipi program; (2) Düşük şiddet-dairesel kuvvet antrenmanı; (3) Yüksek şiddet-dairesel kuvvet antrenmanı; (4) Kısa dinlenme süresi-yüksek şiddette program; (5) Ağırlık kaldırmak (power lifting) (6) Olimpik ağırlık kaldırma-halter.

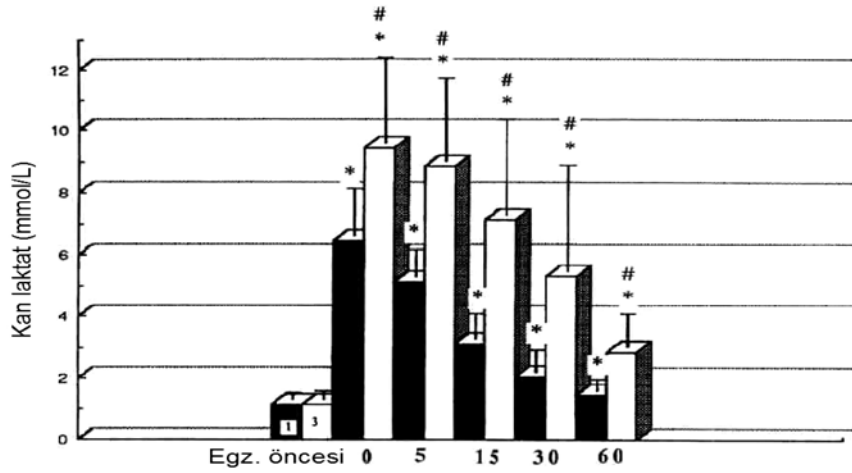
Gotshalk ve ark. (1997) (19), rekreatif amaçlı kuvvet antrenmanı yapan 8 erkek denekte (yaş:  $25.4 \pm 4.14$  yıl, boy:  $178.54 \pm 8.24$  cm, vücut ağırlığı:  $83.0 \pm 10.77$  kg, vücut yağ yüzdesi  $15.25 \pm 4.27$  %,  $VO_2$  max:  $54.1 \pm 4.6$  ml.kg<sup>-1</sup>.dk<sup>-1</sup>, antrenman deneyimi:  $6.2 \pm 1.3$  yıl) iki farklı antrenman protokolünün kan laktat üretimine etkisini incelemişlerdir. Her denek Tablo 1'de verilen antrenman protokollerini rasgele uygulamış ve iki uygulama arasında bir hafta ara verilmiştir. Kan örnekleri antrenmandan hemen önce (egzersiz öncesi), antrenmandan hemen sonra (T0) ve antrenmandan 5dk (T5), 15 dk (T15), 30 dk (T30), 60 dk (T60) sonra alınmıştır. Kan laktat değerleri (mmol/L) Şekil 3'te verilmiştir

Tablo 1. 1 Set ve 3 Set İçin Kullanılan Antrenman Protokolleri (19)

EGZERSİZ SIRALAMASI	1 Set Protokolü	3 Set Protokolü (setler arası 1dk din)
1. Bench Press	1 x 10 RM	3 x 10 RM
2. Leg Extension	1 x 10 RM	3 x 10 RM
3. Military Pres	1 x 10 RM	3 x 10 RM
4. Bent Leg Incline Sit Ups	1 x 10 RM	3 x 10 RM
5. Seated Rows	1 x 10 RM	3 x 10 RM
6. Wide Grip Pulldowns	1 x 10 RM	3 x 10 RM
7. Arm Curls	1 x 10 RM	3 x 10 RM
8. Leg Press	1 x 10 RM	3 x 10 RM
Toplam yapılan iş (ort.±ss)	19.821 ± 4.121 J	58.272 ± 9.211 J

Antrenman öncesi 1 set ve 3 set protokollerinde laktat değerleri karşılaştırıldığında anlamlı fark bulunmamıştır. Şekil 3'te de görüldüğü gibi 1 set ve 3 set protokollerinde antrenman sonrası tüm ölçümlerde laktat değerleri önemli derecede artmıştır, fakat 3 set protokol uygulamasındaki değerler tüm ölçüm zamanlarında 1 set uygulamasından daha yüksek bulunmuştur (19). Bu verilere paralel olarak serum GH ve testosteron hormon seviyelerinin her iki protokolden sonra, tüm ölçüm zamanlarında önemli derecede yüksek olduğu belirlenmiştir (19). Bu değişimlerin belirlenmesinde,

toplam iş miktarının önemli olduğu söylenebilir. Bununla birlikte setler arası dinlenme sürelerinin değiştirilmesi durumunda da farklı sonuçların çıkması muhtemeldir.



Şekil 3. Kan Laktat Değerleri (mmol/L)\* (19)

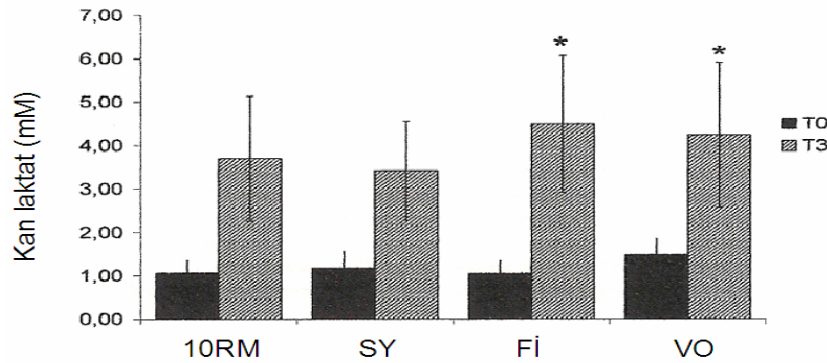
\* 1=1Set protokolü; 3=3Set protokolü; egzersiz öncesi= antrenmandan hemen önce; 0= antrenmandan hemen sonra; \*p<0.05 antrenman öncesi değerlerden önemli derecede farklı; #p<0.05 1Set protokolünden önemli derecede farklı.

Gentil ve ark. (2006) (5), dört farklı kuvvet antrenman metodunun kan laktat yanıtlarını incelemişlerdir. Çalışmaya, daha önceden bu dört kuvvet antrenman metodunda deneyimli 12 gönüllü erkek katılmıştır (yaş:  $24.83 \pm 3.27$  yıl, boy:  $177.83 \pm 5.96$  cm, vücut ağırlığı:  $78.94 \pm 8.13$  kg, 10RM yükü  $109.58 \pm 16.58$  kg, antrenman deneyimi en az 2 yıl). Bacak ekstansiyon (leg extension) hareketi 10RM'ye karşılık gelen yük ile (süper yavaş metodu hariç) normal hızda (2 sn konsentrik ve 2 sn eksentrik kasılma, arada dinlenme yok), tükenene kadar (dizin tam ekstansiyona gelemediği nokta) uygulanmıştır. Kuvvet antrenman metotları şu şekilde tanımlanmıştır;

1. 10 tekrarlı maksimal (10RM) metodu: Hareket normal hızda ve tükenene kadar uygulanmıştır.
2. Fonksiyonel izometrik metodu (Fİ): Diz tam ekstansiyondayken, her tekrarda 5 sn maksimal izometrik kasılma yapılmıştır. Hareket tükenene kadar uygulanmıştır.
3. Uyarlanmış vasküler oklüzyon (VO) metodu: Diz tam ekstansiyondayken 20 sn maksimal izometrik kasılma yapılmıştır, ardından normal harekete (kaldırışa) devam edilmiştir.
4. Süper yavaş (SY) metodu: Denekler tek bir kaldırışı 60 sn uygulamışlardır. 30 sn'de eksentrik faz, 30 sn'de konsentrik faz uygulanmıştır, kas kasılma hızını kontrol etmek için her 5 sn'de zaman duyurulmuştur.

Kan örnekleri, antrenmandan önce (T0) ve 3 dk sonra (T3) alınmıştır.

Kan laktat konsantrasyonu her bir kuvvet antrenman metodundan 3 dk sonra önemli derecede artmıştır. Aynı zamanda dört farklı kuvvet antrenman metodunun kan laktat yanıtları arasında da istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. VO ve Fİ antrenman metotlarının T3 zamanındaki laktat değerleri SY metodundan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Buna karşın SY ve geleneksel 10RM kuvvet antrenman metodunun sonuçları benzer bulunmuştur (5).



Şekil 4. Dört Farklı Kuvvet Antrenman Metodunda Ölçülen Kan Laktat Değerleri\* (5)

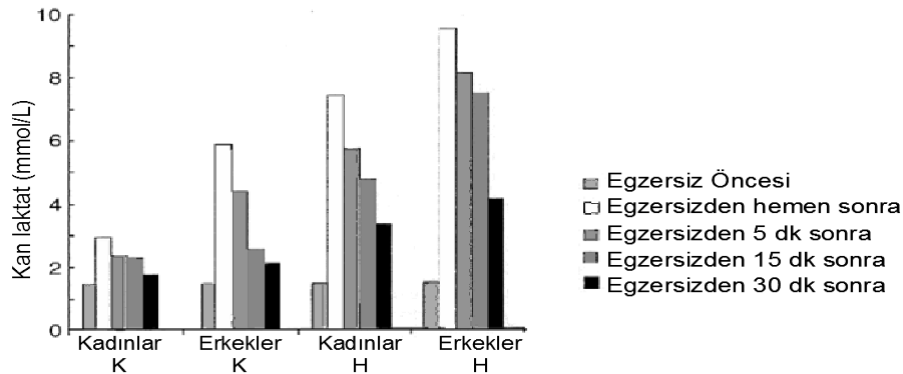
\* Değerler ortalama  $\pm$  standart sapma şeklinde verilmiştir; 10RM, 10 tekrarlı maksimal metot; SY, Süper Yavaş metot; Fİ, Fonksiyonel İzometrik metot; VO, Uyarlanmış Vasküler Oklüzyon metot; T0, antrenmandan önce; T3, antrenmandan 3 dk sonra; \*p<0.05 SL den önemli derecede yüksek.

Dinamik/güç antrenmanlarında önemli miktarda laktat birikimine neden olduğu gözlenmiştir. Yarım skuat hareketin 1RMnin %50 şiddetinde, 6 tekrar, 10 set ve 1-4 dk dinlenme süreleri ile uygulanması sonucunda serum laktat konsantrasyonunun %50 arttığı belirtilmiştir (20). Bir başka çalışmada bacak ekstansiyon hareketi 1RMnin %70 şiddetinde, 6 set ve 6 tekrar sayısında ve 1RMnin %35 şiddetinde, 6 set ve 13 tekrar sayısında uygulanmıştır. Her iki uygulamada da laktat yanıtının benzer olduğu ve 13-14 kat arttığı belirtilmiştir (21). Bu değer diğer dinamik/güç antrenmanların değerlerinden oldukça yüksek bulunmuş ve bu durumun, her bir setin tükenene kadar (başarısızlığa kadar) uygulanmış olmasına ve analizin kas biyopsisinden (laktik asit) yapılmış olmasına bağlı olabileceği belirtilmiştir (9).

Antrenman programının planlanmasındaki farklılıkların güç algılanması nedeniyle her bir programa verilen laktat yanıtlarının tam olarak belirlenmesi güç olmaktadır. Bilimsel çalışmalarda kuvvet antrenmanlarının etkileri inceleme konusu olduğunda, yapılan toplam iş miktarının eşitlendiği gözlenmektedir. Bu yaklaşım ile planlanmış bir çalışmada (22), biceps bükme egzersizi 1RM'nin %30, %60 ve %90 şiddetinde yapılmış ve toplam iş miktarı tekrar sayılarının değiştirilmesi ile eşitlenmiştir. Bu çalışmada 1RM'nin %90 şiddeti ile yapılan egzersiz sonrası kan laktat seviyesinin %30 şiddeti ile yapılan egzersizden önemli düzeyde yüksek olduğu belirtilmiştir. 1RM'nin %30 ve %60, %60 ve %90 şiddeti ile yapılan egzersiz sonrasındaki kan laktat seviyeleri arasında önemli fark olmadığı gözlenmiştir (22). Genel olarak, hipertrofi antrenmanlarının nöral ve dinamik/güç antrenmanlarından daha büyük laktat üretimine neden olduğu söylenebilir. Bu durum, daha büyük iş miktarı (daha büyük iş miktarı=gerilim altında daha uzun süre) ve daha kısa dinlenme süresi ile açıklanabilir (11,23). Ancak toplam iş miktarı eşitlendiğinde daha yüksek şiddette yapılan kuvvet antrenmanlarında daha fazla laktat birikiminin olacağı söylenebilir (22).

### 3. Cinsiyet

Kuvvet antrenmanı sonrasında erkeklerde daha büyük laktat birikiminin meydana geldiği gözlenmiştir (10,24). 8 egzersiz ile uygulanan iki farklı antrenman protokolünün kan laktat yanıtları her iki cinsiyette incelenmiştir. Her iki durumda erkeklerin kan laktat değerleri bayanlardan yüksek bulunmuştur (Şekil 5). Bu durum, erkeklerin bayanlara göre daha fazla yağsız kas kütlelerine sahip olmaları ve çalışma sırasında göreceli olarak daha büyük yükler kullanıyor olmaları ile açıklanabilir. Çelişkili sonuçlar da mevcuttur. Aynı kuvvet antrenman programının uygulanması sonucunda bayan ve erkeklerde benzer laktat yanıtlarının olduğu da rapor edilmiştir (25,26).



Şekil 5. Farklı Kuvvet Antrenman Protokollerine Verilen Kan Laktat Yanıtları\* (18)

\* K: 5RM, 8 egzersiz, 3-5 set, setler ve egzersizler arasında 3 dk dinlenme, H: vücut geliştirme, hipertrofi protokolü 10RM, 8 egzersiz, 3 set, setler ve egzersizler arasında 1 dk dinlenme.

### 4. Yaş

Deneklerin yaşı, kuvvet antrenmanına verilen laktat yanıtlarını değiştiren önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. 1RMnin %50 şiddetinde 6 tekrar ve 10 set uygulanan yarım skuat hareketin 1 ve 4 dk dinlenmeler ile uygulanması sonucunda, laktat konsantrasyonunun yetişkin bireylerde (24 yaş) ergen bireylerden (15 yaş) daha düşük olduğu gözlenmiştir (27). Bir başka çalışmada bacak ekstansiyon hareketi 1RMnin %40 şiddetinde, 10 tekrar ve 5 set uygulanmış ve laktat konsantrasyonu ergen bireylerde yetişkin bireylerden daha yüksek bulunmuştur (28). Genç bireylerde daha büyük laktat artışının gözlenmesi, olgunlaşmadaki farklılığın doğal bir sonucu ve antrenman durumuna ve yorucu egzersizleri tolere edebilme kapasitesine bağlı olabilir (9).

Buna karşın yaş arttıkça, laktat birikiminde bir azalmanın olduğu rapor edilmiştir. Aynı antrenman programını uygulamalarına rağmen [1 egz, 4x10 (10 RM)] kan laktat seviyesinin yetişkin bireylerde (30 yaş) %700, yaşlı bireylerde (62 yaş) %420 arttığı belirtilmiştir (29). Smilios ve arkadaşları (30), yaşlı (69±5 yaş) ve genç (23±1 yaş) erkek bireylerde 6 egzersiz içeren kuvvette devamlılık antrenman protokolünün etkilerini incelemişler ve 1RM'nin %60 şiddetinde 15 tekrar ve 3 set ve setler arası 90 saniye dinlenme ile uygulanan antrenman protokolü sonrasında kan laktat seviyesinin her iki yaş grubunda arttığını, ancak genç bireylerde meydana gelen artışın daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Daha genç bireylerde daha yüksek laktat birikimi daha ağır absolut yükler (daha büyük 1RM) ve daha büyük relatif şiddetle egzersizleri uygulayabilme kabiliyeti ile açıklanabilir. Izquierdo ve arkadaşları (31), orta yaşlı (46 yaş) ve yaşlı (64 yaş) bireylerde 16 haftalık kuvvet antrenmanının maksimal ve submaksimal dayanıklılık performansı üzerine etkisini incelemişler ve ilk 8 hafta sonunda her iki yaş grubunda maksimal iş yükünde önemli artış ve kan laktat birikiminde önemli azalış meydana geldiğini göstermişlerdir. Sonraki 8 hafta içinde bir değişiklik meydana gelmemiştir. İlk 8 haftanın sonunda her iki yaş grubunda meydana gelen değişikliklerin antrenmanın şiddeti, antrenmanda kullanılan toplam iş miktarı ve bireylerin antrenman durumu ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Erkeklerde yaşın ilerlemesiyle birlikte laktat yanıtlarında azalma meydana gelirken bu durum bayanlarda çok açık değildir. Copeland ve arkadaşları (32), bir tek egzersiz uygulamasına laktat yanıtlarını incelemişler ve farklı yaş ortalamasına sahip (25, 34.5, 43.8, 52.4 ve 62.3) beş bayan grubu karşılaştırıldığında farklılık bulmamışlardır.

## 5. Antrenman Durumu

Antrenmansız bireylerin 10 hafta kuvvet antrenmanı uyguladıktan sonra (skuat hareketi-10RM şiddetinde 4 set) akut egzersize laktat yanıtlarının azaldığı rapor edilmiştir (33). 8 hafta kuvvet antrenmanının uygulanmasından sonra da benzer sonuçlar bulunmuştur (34). Bu sonuçlar şunu gösteriyor ki, antrenmansız bireylerde kısa süreli kuvvet antrenmanları daha çok aerobik antrenmanlarda gözlenen bazı adaptasyonların (azalmış laktat yanıtı) oluşmasına neden olabilmektedir. Bu etkilerin, kas fibril kapilirizasyonunda, oksijen kullanımında, fibril dönüşümünde, enzim aktivitesinde ve substrat düzeyinde meydana gelen adaptasyonlar sonucunda oluştuğu kabul edilmiştir (4,35).

Glikolitik sistemi aktive etmek için kuvvet antrenmanlarının sıkça kullanıldığına dair düşünceler vardır ve çok iyi antrene edilmiş bireylerde laktat üretimini arttıracak yönde adaptasyonların geliştiği düşünülebilir (örneğin, artan glikolitik enzim, hızlı kasılan kas fibril tipi boyutlarında artış). Brown ve arkadaşları (36), bacak press hareketinin tükenene kadar 3 set uygulanmasından sonra laktat konsantrasyonunun antrenmanlı erkeklerde, antrenmansız erkeklere göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Ancak absolut iş yükü (aynı iş yükü) ile egzersiz uygulandığında antrenmanlı bireylerde laktat konsantrasyonu antrenmansız bireylere göre daha düşük olarak gözlenmiştir (37). Antrenmana verilen laktat yanıtlarındaki farklılık, antrenmanlı bireylerin daha büyük 1RM kuvvetine ve daha büyük kas kütlesine sahip olmaları ile açıklanmıştır. Antrenmanlı bireylerde laktat dehidrojenaz (pirüvatın laktata dönüşmesinde önemli bir aracı) enziminin daha yüksek olduğu belirtilmiş ve bu nedenden dolayı antrenmansız bir kas ile karşılaştırıldığında antrenmanlı kasta daha büyük glikolitik kapasitenin olduğunu ileri sürülmüştür (9). Ancak konu ile ilgili çelişkili sonuçlar da mevcuttur. Skuat hareketi iki farklı protokolle uygulanmış (12 RM x 4 set ve 8 RM x 4 set), antrenmanlı ve antrenmansız bireyler arasında laktat yanıtları açısından bir fark bulunmamıştır (38). Bu sonuçları destekleyen başka çalışma bulgularında antrenman durumunun akut laktat yanıtlarını değiştirmede önerilmiştir (39).

Brown ve arkadaşları (36), kuvvet antrenmanı ve dayanıklılık antrenmanı yapan iki grubu karşılaştırmışlar ve egzersiz sonrası laktat seviyesi kuvvet antrenmanı yapan grupta daha yüksek bulunmuştur. Regan ve Potteiger (40), benzer şekilde kuvvet/güç sporcularını ve dayanıklılık sporcularını izokinetik dinamometrede üç farklı hızda uygulanan hareketten sonra karşılaştırmış ve laktat seviyesinin kuvvet/güç sporcularında daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

## SONUÇ

Bu bilgiler ışığında;

1. Dinlenme süresi azaldıkça laktat üretiminin artacağı,
2. Dinlenme süresi sabit tutulduğunda ve şiddet arttıkça laktat üretiminin artacağı,
3. Dinlenme süresi azaltılıp şiddet artırıldığında laktat üretiminin daha çok artacağı,
4. Kapsam arttığında (1 set yerine 3 set uygulaması) laktat üretimin artacağı,
5. Program içinde izometrik kasılmalar var ise (örneğin; vasküler oklüzyon veya fonksiyonel izometrik) laktat üretiminin daha çok artacağı söylenebilir.
6. Erkeklerde yaşın ilerlemesiyle birlikte laktat üretiminin azaldığı, bu durumun bayanlarda çok açık olmadığı gözlenmiştir.
7. Verili bir program için antrenmansız bireylerde antrenman deneyimi arttıkça laktat yanıtı azalabilir ancak deneyim arttıkça (antrenman yılı) yükselebilir.
8. Relatif yük yerine absolut yük kullanıldığında antrenmanlı bireylerdeki laktat konsantrasyonu antrenmansız bireylerden daha düşük olabilmektedir.

Organizmada meydana gelen adaptasyonların egzersiz türüne, egzersiz şiddetine, yapılan toplam iş miktarına ve sıklığına bağlı olduğu vurgulanır. Kuvvet antrenmanları söz konusu olunca, seçilen egzersizlerin özelliği (küçük kas grubuna yönelik ya da büyük kas grubuna yönelik), seçilen egzersizlerin sıralaması (üst ekstremitelere - alt ekstremitelere ya da ard arda iki egzersizin üst ekstremitelere yönelik yapılıyor olması vb), seçilen egzersizlerin sayısı, her egzersiz için belirlenen tekrar sayısı ve set sayısı, setler ve egzersizler arası dinlenme süreleri, egzersizlerin serbest ağırlıkla yapılıyor olması ya da kondisyon makinelerinde yapılıyor olması gibi bir çok faktör organizmada meydana gelen adaptasyonları etkilemektedir. Bu faktörlerin farklı kombinasyonları farklı etkilere neden olacaktır. Yaş, cinsiyet ve antrenman durumu

gibi faktörlerin yanında, farklı antrenman programlarının ve farklı örnekleme prosedürlerinin (egzersizden hemen sonra ya da geciktirilmiş) uygulanıyor olması da verilerin karşılaştırılmasını daha güç hale getirmektedir.

#### KAYNAKLAR

1. **Crewther, B., Cronin, J., Keogh, J.**, "Possible Stimuli for Strength and Power Adaptation: Acute Mechanical Responses", *Sports Med.* 35 (11): pp. 967-989, 2005
2. **Kraemer, W.**, "Influence of the endocrine system on resistance training adaptations", *Nat Strength Cond Assoc J.* 14 (2): pp. 47-54, 1992
3. **Kraemer, WJ., Fleck, SJ., Evans, WJ.**, "Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation", *Exerc Sport Sci Rev.* 24: pp. 363-397, 1996
4. **Abernethy, PJ., Jürimäe, J., Logan, PA., Taylor, AW., Thayer, RE.**, "Acute and chronic responses of skeletal muscle to resistance exercise", *Sports Med.* 17 (1): pp. 22-38, 1994
5. **Gentil, P., Oliveira, E. Bottaro, M.**, "Time under tension and blood lactate response during four different resistance training methods", *J Physiol Anthropol.* 25 (5): pp. 339-344, 2006
6. **Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S., Ishii, N.**, "Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion", *J Appl Physiol.* 88 (1): pp. 61-65, 2000
7. **Taylor, JM., Thompson, HS., Clarkson, PM.**, "Growth hormone response to an acute bout of resistance exercise in weight trained and non-weight-trained women" *J Strength Cond Res.* 14 (2): pp. 220-227, 2000
8. **Takarada, Y., Ishii, N.**, "Effects of low-intensity resistance exercise with short inter-set rest period on muscular function in middle aged women", *J Strength Cond Res.* 16 (1): pp. 123-128, 2002
9. **Crewther, B., Cronin, J., Keogh, J.**, "Possible Stimuli for Strength and Power Adaptation: Acute Metabolic Responses", *Sports Med.* 36 (1): pp. 65-78, 2006
10. **Kraemer, WJ., Gordon, SE., Fleck, SJ., Marchitelli, LJ., Mello, R., Dziados, JE., Friedl, K., Harman, E., Maresh, C., Fry, AC.,** "Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females", *Int J Sport Med.* 12 (2): pp. 228-235, 1991
11. **Smilios, I., Piliandis, T., Karamouzis, M., Tokmakidis, SP.**, "Hormonal responses after various resistance exercise protocols", *Med Sci Sports Exerc.* 35 (4): pp. 644-654, 2003
12. **Ebbeling, CB., Clarkson, PM.**, "Exercise-induced muscle damage and adaptation", *Sports Med.* 7(4): pp. 207-34, 1989
13. **Kraemer, WJ., Dziados, JE., Marchitelli, LJ., Gordon, SE., Harman, EA., Mello, R., Fleck, SJ., Frykman, PN., Triplett, NT.,** "Effects of different heavy-resistance exercise protocols on plasma betaendorphin concentrations", *J Appl Physiol.* 74: pp. 450-459, 1993
14. **Stone, M., Chandler, JT., Conley, MS.**, "Training to muscular failure: is it necessary?", *Strength Cond J.* 18 (3): pp. 44-8, 1996
15. **Folland, JP., Irish, CS., Roberts, JC., Tarr, JE., Jones, DA.**, "Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training", *Br J Sports Med.* 36 (5): pp. 370-373, 2002
16. **Sanborn, K., Boros, R., Hruby, J.**, "Short-term performance effects of weight training with multiple sets not to failure vs. a single set to failure in women", *J Strength Cond Res.* 14 (3): pp. 328-231, 2000
17. **Kraemer, WJ., Knuttgen, HG.**, "Strength training basics", *Physician & Sportsmedicine.* 31(8): pp. 39-45, 2003
18. **Fleck, SJ., Kraemer, WJ.**, *Designing Resistance Training Programs*, Human Kinetics, pp. 95-96, United States, 1997
19. **Gotshalk, LA., Loebel, CC., Nindl, BC., Putukian, M., Sebastianelli, WJ., Newton, RU., Hakkinen, K., Kraemer, WJ.,** "Hormonal responses of multiset versus single-set heavy-resistance exercise protocols", *Can J Appl Physiol.* 22(3): pp. 244-255, 1997
20. **Mero, A., Komi, VP., Kyllonen, A.**, "Acute EMG, force and hormonal responses in male athletes to four strength exercise units" [abstract] *J Biomech.* 25 (7): pp. 752, 1991
21. **Roeborgs, RA., Pearson, DR., Costill, DL., Fink, WJ., Pascoe, DD., Benedict, MA., Lambert, CP., Zachweija, JJ.**, "Muscle glycogenolysis during differing intensities of weight-resistance exercise", *J Appl Physiol.* 70 (4): pp. 1700-1706, 1991
22. **Lagally, KM., Robertson, RJ., Gallagher, KI., Goss, FI., Jakicic, JM., Lephart, SM., McCaw, ST., Goodpaster, B.** "Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise", *Med Scien Sports Exerc.* 34(3): pp. 552-559, 2002
23. **Hakkinen, K., Pakarinen, A.**, "Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes", *J Appl Physiol.* 74: pp. 882-887, 1993
24. **Hakkinen, K.**, "Neuromuscular fatigue in males and females during strenuous heavy resistance loading", *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 34 (4): pp. 205-214, 1994
25. **Pullinen, T., Nicol, C., MacDonald, E., Komi, PV.**, "Plasma catecholamine responses to four resistance exercise tests in men and women", *Eur J Appl Physiol.* 80 (2): pp. 125-131, 1999
26. **Kraemer, WJ., Staron, RS., Hagerman, FC., Hikida, RS., Fry, AC., Gordon, SE., Nindl, BC., Gotshalk, LA., Volek, JS., Marx, JO., Newton, RU., Häkkinen, K.** "The effects of short-term resistance training on endocrine function in men and women", *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 78(1): pp. 69-76, 1998
27. **Mero, A., Pullinen, T., Komi, PV.**, Biomechanical and hormonal responses to two high intensity strength exercise units with different recovery in pubertal and adult male athletes. In: Bouisset S, Metral S, Monod H, editor. XIVth International Society of Biomechanics Conference; Jul 4-8; Paris, 866-7 1993

28. Pullinen, T., Mero, A., Huttunen, P., Pakarinen A, Komi PV., "Resistance exercise induced hormonal responses in men, women, and pubescent boys", *Med Sci Sports Exerc.* 34 (5): pp. 806-813, 2002
29. Kraemer, WJ., Häkkinen, K., Newton, RU., McCormick, M., Nindl, BC., Volek, JS., Gotshalk, LA., Fleck, SJ., Campbell, WW., Gordon, SE., Farrell, PA., Evans, WJ., "Acute hormonal regioresponses to heavy resistance exercise in younger and older men", *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 77 (3): pp. 206-211, 1998
30. Smilios, I., Piliandis, T., Karamouzis, M., Parlavantzas, A., Tokmakidis, SP. "Hormonal responses after a strength endurance resistance exercise protocol in young and elderly males", *Int J Sports Med.* 28(5): pp. 401-406, 2007
31. Izquierdo, M., Hakkinen, K., Ibanez, J., Anton, A., Garrues, M., Ruesta, M., Gorostiaga, EM. "Effects of strength training on submaximal and maximal endurance performance capacity in middle-aged and older men", *J Strength Cond Res.* 17(1): pp. 129-139, 2003
32. Copeland, JL., Consitt, LA., Tremblay, MS., "Hormonal responses to endurance and resistance exercise in females aged 19-69 years", *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 57 (4): pp. 158-165, 2002
33. Kraemer, WJ., Häkkinen, K., Newton, RU., Nindl, BC., Volek, JS., McCormick, M., Gotshalk, LA., Gordon, SE., Fleck, SJ., Campbell, WW., Putukian, M., Evans, WJ., "Effects of heavy resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men", *J Appl Physiol.* 87 (3): pp. 982-992, 1999
34. Pierce, K., Rozenek, R., Stone, M., "Effects of high volume weight training on lactate, heart rate, and perceived exertion", *J Strength Cond Res.* 7 (4): pp. 211-215, 1993
35. Tesch, PA., Alkner, BA., Acute and chronic muscle metabolic adaptations to strength training. In: Komi PV, editor. *Strength and power in sport*, Blackwell Scientific Publishing, Boston, 2003
36. Brown, S., Thompson, W., Bailey, J., "Blood lactate response to weightlifting in endurance and weight trained men", *J Appl Sport Sci Res.* 4 (4): pp. 122-130, 1990
37. Stone, M., Pierce, K., Godsen, D., "Heart rate and lactate levels during weight-training in trained and untrained men", *Phys Sportsmed.* 15 (5): pp. 97-105, 1987
38. Ahtiainen, JP., Pakarinen, A., Kraemer, WJ., Häkkinen, K., "Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in strength athletes versus nonathletes", *Can J Appl Physiol.* 29 (5): pp. 527-543, 2004
39. Kraemer, WJ., Fleck, SJ., Maresh, CM., Ratamess, NA., Gordon, SE., Goetz, KL., Harman, EA., Frykman, PN., Volek, JS., Mazzetti, SA., Fry, AC., Marchitelli, LJ., Patton, JF., "Acute hormonal responses to a single bout of heavy resistance exercise in trained power lifters and untrained men", *Can J Appl Physiol.* 24 (6): pp. 524-37, 1999
40. Regan, WF., Potteiger, JA., "Isokinetic exercise velocities and blood lactate concentrations in strength/power and endurance athletes", *J Strength Cond Res.* 13 (2): pp. 157-161, 1999